

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE GLÓRIA DE DOURADOS  
CURSO DE TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA

**BIOINDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO  
CULTIVADO COM MILHO CONSORCIADO COM  
LEGUMINOSAS**

**Michele da Silva Gomes**

Glória de Dourados – MS  
2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE GLÓRIA DE DOURADOS  
CURSO DE TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA

**BIOINDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO  
CULTIVADO COM MILHO CONSORCIADO COM  
LEGUMINOSAS**

**Aluna: Michele da Silva Gomes  
Orientador: Prof. Dr. Rogério Ferreira da Silva**

“Trabalho apresentado como parte das exigências do Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia para a obtenção do título de Tecnólogo em Agroecologia”

Glória de Dourados - MS  
Novembro de 2014

G615b Gomes, Michele da Silva

Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho consorciado com leguminosas/Michele da Silva Gomes. Glória de Dourados, MS: UEMS, 2014.

46p.; 30cm

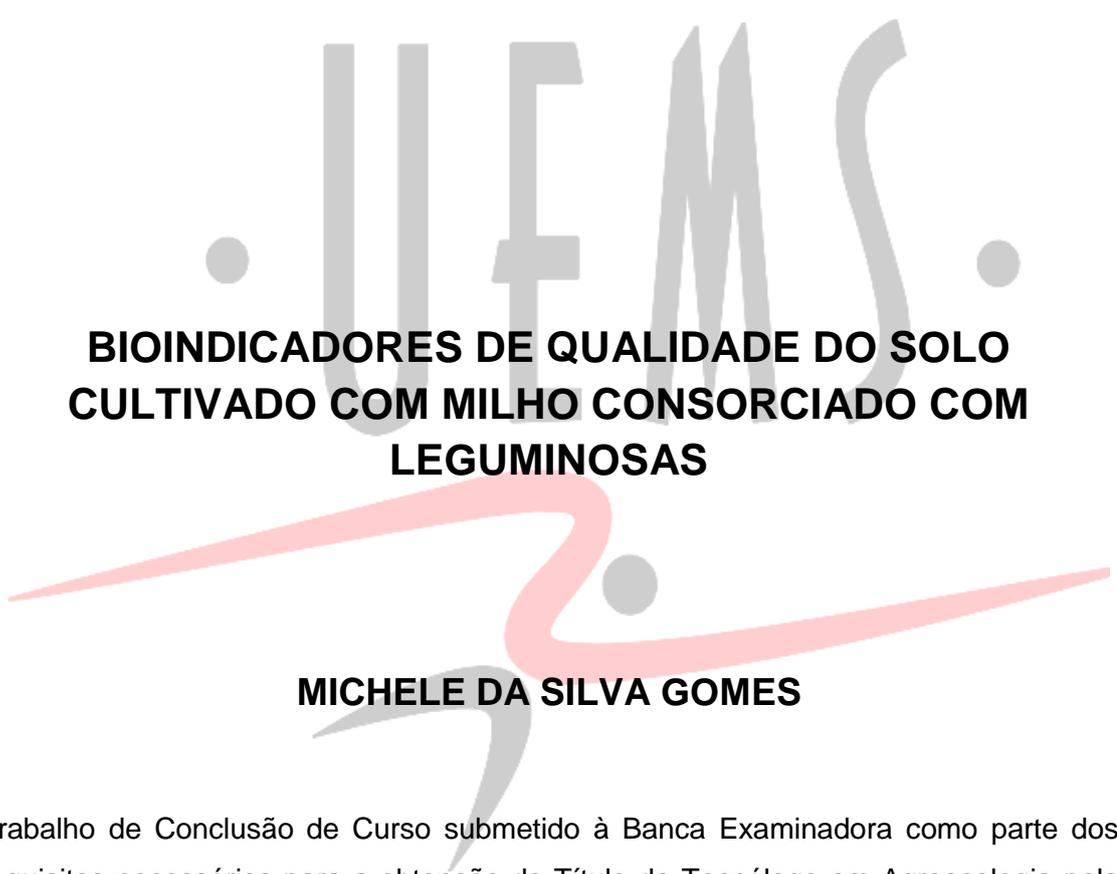
Monografia (Graduação) – Tecnologia em Agroecologia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2014.

Orientadora: Prof. Dr. Rogério Ferreira da Silva.

1. Biomassa 2. Fauna 3. Adubos verdes I. Título.

CDD 23.ed. 631.874

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE GLÓRIA DE DOURADOS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA



**BIOINDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO  
CULTIVADO COM MILHO CONSORCIADO COM  
LEGUMINOSAS**

**MICHELE DA SILVA GOMES**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Tecnólogo em Agroecologia pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul.

APROVADO em 28/11/2014 por:

---

Dr<sup>a</sup> Elaine Reis Pinheiro Lourente

---

Dr<sup>o</sup> Fabio Martins Mercante

---

Dr<sup>o</sup> Rogério Ferreira da Silva

*O que escuto logo esqueço, o que vejo logo, eu  
me lembro, o que faço, isso sim eu aprendo.*

*(Paulo Freire)*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

À minha mãe e meu pai, pelo incentivo, amor incondicional e por sempre acreditarem em mim.

À minha irmã Simone pelo carinho e a motivação em todos momentos de dificuldades.

Ao meu namorado Marcelo, por todo incentivo e carinho.

Aos meu colegas Patrícia, Nathalia, Anderson, Maicon e Andressa, pelo apoio e amizade.

Ao meu orientador Dr. Rogério Ferreira da Silva, pelo apoio, incentivo e principalmente por acreditar em meu potencial.

E a todos que de alguma forma colaboraram para o sucesso deste trabalho.

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
3.1. MILHO CONSORCIADO COM LEGUMINOSAS .....	4
3.2. BIOINDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO .....	5
3.2.1 BIOMASSA MICROBIANA DA SOLO.....	7
3.2.2. FAUNA EPIGEICA.....	9
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
5.1 BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO .....	16
5.2 FAUNA EPIGEICA.....	20
6. CONCLUSÕES .....	25
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar a fauna epigeica e biomassa microbiana do solo do solo cultivado com milho consorciado com leguminosas. O experimento foi conduzido no campo experimental da UEMS, município de Glória de Dourados, em solo classificado como Argissolo Vermelho, textura arenosa. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de uma testemunha, monocultivo de milho, e cinco arranjos de consórcios: milho consorciado com feijão-de-porco, crotalária, mucuna-preta, guandu-anão e feijão-caupi, uma área adjacente, com vegetação nativa foi incluída no estudo como referencial da condição original do solo. Os valores de carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) e matéria orgânica do solo (MOS) foram maiores na VN. O consórcio de milho com leguminosas favoreceu o desenvolvimento do carbono da biomassa microbiana do solo e quociente microbiano. Contudo não afetaram, de maneira significativa, a respiração basal, quocientes metabólico e matéria orgânica do solo. A densidade de organismos do solo foi influenciada pelo sistema de consórcio de milho com feijão-caupi, com relação aos demais sistemas de manejo. Em relação à riqueza o sistema com vegetação nativa e o consórcio com mucuna-preta foram superiores ao demais.

**Palavras-Chave:** Biomassa, fauna, adubos verdes.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the epigeal fauna and microbial activity in the soil cultivated with corn, associated with leguminous. The experiment was conducted in the experimental field of the UEMS, municipality of Glória de Dourados, in soil classified as in a sandy soil (Oxisol). The experimental design was a randomized complete block with four replications. The treatments consisted of a witness, monoculture of corn, and five arrangements of associate: corn intercropped with *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea*, *Stylozobium aterrimum*, *Cajanus cajan*, *Vigna unguiculata*, an adjacent area with native vegetation was included in the study as a reference of the original condition of the soil. Values carbon of soil microbial biomass and soil organic matter were higher in VN. The maize intercropped with legumes favored the development of carbon microbial biomass and microbial quotient. However not affected in a significant way, the basal respiration, metabolic quotient and soil organic matter. The density of soil organisms was influenced by corn intercropping system with *vigna unguiculata*, in relation to other management systems. Regarding the wealth the system with native vegetation and the consortium with velvet bean were superior to others.

**Key Words:** Biomass, fauna, green fertilizer.

## 1. INTRODUÇÃO

O milho é uma cultura de grande importância econômica, principalmente caracterizada pelas suas diversas formas de utilização, que vai desde a alimentação humana e animal até a indústria de alta tecnologia (CRUZ et al., 2006). A importância dessa cultura está também relacionada ao aspecto social, pois grande parte dos produtores não são altamente tecnificados, possuem pequenas extensões de terras e dependem desta produção para viver (EMBRAPA, 2012). Diante disto a baixa fertilidade do solo é fator determinante para a produtividade da cultura do milho, neste contexto as práticas de adubação verde podem proporcionar incrementos importantes.

Em solos com baixa fertilidade, como os arenosos, o uso de adubos verdes podem contribuir com a melhoria dos atributos químicos do solo, assim a utilização da adubação verde em consórcio com milho pode causar efeitos positivos na fertilidade do solo, pois favorece a reciclagem de nutrientes, agregação do solo, armazenamento de água e manutenção da matéria orgânica do solo, quando comparada aos monocultivos anuais sem as plantas de cobertura (BOER et al., 2007).

Entre as espécies empregadas na adubação verde, as da família das leguminosas se destacam por formarem associações simbióticas com bactérias fixadoras de  $N_2$ , entre outros nutrientes, resultando aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo-planta, contribuindo para a viabilidade econômica e sustentabilidade dos sistemas de produção (PERIN et al., 2004). Como foi verificado nestes estudos o uso das leguminosas crotalária, mucuna-preta, guandu anão, feijão-caupi e feijão-de-porco utilizados em consórcio e sucessão à cultura do milho contribuíram para maior produtividade da cultura (BLANCO et al., 2011; SANTOS et al., 2010).

A adubação verde, consorciada ou em sucessão de culturas é uma prática viável para agricultura familiar, pois ela promove proteção, melhoria e manutenção da qualidade do solo, além de aumentos consideráveis dos teores de matéria orgânica e nutrientes, beneficiando os agroecossistemas (ALVARENGA, 1995; LEITE et al., 2010). Neste sentido, a manutenção da qualidade do solo é um dos fatores-chave para se atingir a sustentabilidade de

um sistema de produção, destacando-se o manejo empregado como o componente principal (LOSS et al., 2010).

A qualidade do solo é mensurada através do uso de indicadores, que são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema (ARAUJO; MONTEIRO, 2007). Dentro deste contexto, os organismos do solo podem ser utilizados como bioindicadores, uma vez que estão intimamente relacionados ao funcionamento do solo, apresentando uma estreita inter-relação com os componentes físicos e químicos (MENDES; JUNIOR, 2004; BARETTA, 2007).

Estes atributos biológicos do solo têm sido amplamente discutidos por diversos autores como bioindicadores da qualidade do solo, uma vez que são mais sensíveis do que indicadores químicos e físicos para revelar, com antecedência, as alterações que ocorrem no solo em função de seu uso e manejo (DORAN, 1980; DICK, 1994; MATSUOKA et al, 2003). Dentre os mais utilizados para caracterizar o componente biológico dos solos, destacam-se as medidas de biomassa, a atividade e diversidade microbiana (MENDES; JUNIOR, 2004) e alguns organismos edáficos (formigas, cupins, colêmbolos, etc) (BARETTA, 2007).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Avaliar a fauna epigeica e biomassa microbiana do solo e seus índices derivados em cultivo de milho consorciado com leguminosas.

### **2.2. Objetivos Específicos**

1 – Avaliar o carbono e a respiração da biomassa microbiana de solo e índices derivados;

2 – Avaliar a densidade de indivíduos e riqueza de grupos da fauna epigeica;

3 - Verificar a adequabilidade da utilização desses atributos ecológicos como bioindicadores da qualidade do solo sob diferentes manejos de produção de milho.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1. MILHO CONSORCIADO COM LEGUMINOSAS**

O milho pertence à classe Liliopsida, família Poaceae, gênero *Zea*, sendo classificado cientificamente como *Zea mays* L. (MILHO, 2009). É considerado o cereal mais produzido no mundo, sendo cultivado em quase todos os países do mundo. De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), na safra 2013/14 a produção mundial deve chegar a 981 milhões de toneladas do grão. O Brasil, terceiro maior produtor mundial, deve finalizar esta safra com colheita de quase 80 milhões de toneladas e com consumo interno de menos de 55 milhões de toneladas (CONAB, 2014).

A obtenção de altas produtividades de milho é diretamente dependente de elevadas doses de nitrogênio (N) (AMADO et al., 2000), o que muitas vezes onera os custos da atividade, devido ao baixo aproveitamento de N aplicado ao solo sob a forma mineral, uma vez que, se o N mineral estiver disponível precocemente, podem ocorrer perdas do nutriente por lixiviação de  $N-NO_3^-$  e/ou desnitrificação (ROSECRANCE et al., 2000). Contudo há outras alternativas para disponibilização e minimização da perda de nutrientes no sistema de cultivo através da utilização de leguminosas em consórcio ou sucessão às unidades produtivas, prática muito utilizada há anos entre produtores familiares, a chamada adubação verde.

Dentro das alternativas econômicas e ambientais para o manejo de nutrientes visando a alta produção de grãos, a adubação verde ocupa lugar de destaque (ALVARENGA, 1993). A utilização de leguminosas como planta de cobertura é mais frequente na agricultura familiar onde é cultivada em consórcio ou sucessão, em que pode ser manejada no início ou antes de seu florescimento, e então incorporada ao solo. Na escolha da espécie que será utilizada deve considerar as condições do solo, época do ano, o tipo de cultura e região climática. Entre as mais utilizadas na região do Brasil Central estão a mucuna-preta (*Mucuna aterrima*); o guandu-anão (*Cajanus cajan*); a crotalária (*Crotalaria juncea*) (CRUZ et al., 2011).

O sistema consorciado tem apresentado maior estabilidade à produção, além de assegurar maior grau de diversificação; a utilização de plantas que fixem o N atmosférico é uma estratégia para suprir parcialmente a quantidade de N requerida pelo milho, sendo disponibilizado lentamente, de acordo com a

mineralização dos resíduos vegetais (TSUMANUMA, 2004; AGOSTINHO, 2013), proporcionando maior reciclagem de nutrientes, armazenamento de água e manutenção da matéria orgânica do solo, quando comparada aos monocultivos anuais, sem as plantas de cobertura (BOER et al., 2007). Como pode ser observado em sistemas de cultivo realizados em Dourados-MS e Botucatu-SP, Matoso et al. (2013) confirmam que, em cultivos consorciados em faixas de milho e feijão-caupi proporcionaram o uso mais eficiente da terra do que o monocultivo dessas culturas.

Bonjorno et al. (2010) e Santos et al. (2010) afirmam em seus estudos que a consorciação com leguminosas é um fator de grande importância, pois há uma complementaridade entre as diferentes espécies, que por diversos mecanismos ajudam no desenvolvimento umas das outras, proporcionando assim maior produtividade no cultivo do milho. Portanto que o uso da adubação verde pode ser considerado uma forma viável para amenizar os impactos na agricultura, trazendo sustentabilidade para os solos.

De modo geral, os adubos verdes, ou as culturas de cobertura usadas para formar palhada no sistema de semeadura direta, desempenham papel fundamental na ciclagem de nutrientes, tanto daqueles adicionados por meio de fertilizantes minerais e não aproveitados pelas culturas comerciais quanto daqueles provenientes da mineralização da matéria orgânica do solo (TORRES et al., 2008).

### **3.2. BIOINDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO**

O manejo intensivo do solo, o uso de pesticidas e fertilizantes tornaram-se práticas comuns para o aumento da produção agrícola, em consequência, a utilização destas práticas tem ocasionado perda de matéria orgânica do solo, erosão e contaminação das águas subterrâneas, além de prejuízos a microbiota do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). O solo está entre os mais complexos sistemas biológicos do globo terrestre e, ainda não é completamente entendido, portanto, o interesse em avaliar a qualidade do solo é estimulado pela crescente consciência de que o solo é um componente importante da biosfera terrestre, funcionando na manutenção da qualidade ambiental e não só na produção de bens de consumo (DORAN; ZEISS, 2000).

Pode-se definir qualidade do solo como a capacidade deste em desempenhar funções dentro dos ecossistemas, como meio de suporte e desenvolvimento vegetal e animal (DORAN; PARKIN, 1994). Ações que possam causar impacto ou algum distúrbio no solo podem levar à degradação do ambiente edáfico bem como, verificar nas pesquisas de Paredes Junior (2012), verificando que perturbações ocorridas em sistemas de manejo de cana-de-açúcar podem interferir no equilíbrio dinâmico da biomassa microbiana do solo e, conseqüentemente, na conservação dos agroecossistemas, portanto, o manejo adequado dos solos tem extrema importância, levando ao aumento e conservação de sua qualidade, não somente podendo aumentar a produtividade das culturas, como também contribuir para manter a boa qualidade ambiental (ROVEDER et al., 2009).

A qualidade do solo pode ser mensurada através do uso de indicadores que são atributos que medem ou refletem a condição de qualidade ambiental do agroecossistema (ARAUJO; MONTEIRO, 2007; SANTOS et al., 2010). Apesar de não ser recente, a discussão sobre o uso de indicadores vem ganhando força e expõe a dificuldade de se chegar a um consenso sobre quais parâmetros são capazes de atestar o impacto do uso agrícola dos solos (KARLEN et al., 2004).

Em meio a estudos realizados dentre os principais parâmetros estão as avaliações de atividade microbiana, como a respiração do solo e a utilização de fontes de carbono e a biodiversidade de macro e microrganismos (TURCO; BLUME, 1999). Em Goiás, Araújo et al. (2007) comprovaram que os índices de biomassa microbiana utilizados como indicadores de qualidade do solo forneceram uma avaliação abrangente da qualidade do solo refletindo uma relação estreita entre a qualidade e a intensidade de uso.

De acordo com Doran e Parkin (1994), bioindicadores são propriedades ou processos biológicos dentro do solo que indicam o estado deste ecossistema, podendo ser utilizados no biomonitoramento da qualidade do solo. Além disso, devem ser sensíveis às mudanças do ambiente para que possam ser utilizados no monitoramento das perturbações ambientais. Os microrganismos possuem a capacidade de dar respostas rápidas a mudanças na qualidade do solo, característica que não é observada nos indicadores químicos ou físicos. Em alguns casos, alterações na população e na atividade microbiana podem

preceder mudanças nas propriedades químicas e físicas, refletindo um claro sinal na melhoria ou na degradação do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

Segundo Stenberg (1999), nenhum indicador individualmente conseguirá descrever e quantificar todos os aspectos da qualidade do solo, existindo uma relação entre todos os atributos do solo. Dentro deste contexto a biomassa microbiana e a fauna epigea são considerados importantes bioindicadores no monitoramento ambiental.

### **3.2.1 BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO E DERIVADOS**

Nas últimas décadas, a preocupação com a avaliação da qualidade do solo tem merecido destacada atenção, e a quantificação de alterações nos seus atributos, decorrentes da intensificação de sistemas de uso e manejo, tem sido amplamente realizada para monitorar a produtividade sustentável dos solos e a conservação de recursos naturais (NEVES et al., 2007).

A manutenção da produtividade dos ecossistemas agrícolas e florestais depende do processo de transformação da matéria orgânica e da biomassa microbiana do solo (GAMA-RODRIGUES, 2008), considerada a parte viva da matéria orgânica do solo (MOS). Dentro desta classificação podem ser incluídos, bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários, algas e microalgas, constituindo a fração ativa da MOS contendo, em média, de 2 a 5% do C orgânico (CO) (JENKINSON; LADD, 1981) e de 1 a 5% no N total do solo (SMITH; PAUL, 1990).

A biomassa microbiana do solo pode ser considerada um dos componentes que monitoram funções chaves no solo, como a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, além de representar ainda, uma reserva considerável de nutrientes, os quais são continuamente assimilados durante os ciclos de crescimento dos agroecossistemas (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). Em estudos realizados no município de Dourados-MS, Junior (2012) mostra que a manutenção e preservação da palhada sistemas de cultivo de cana-de-açúcar promoveram equilíbrio da dinâmica da biomassa microbiana do solo e conseqüentemente a conservação dos agroecossistemas favorecendo os parâmetros biológicos, químicos e físicos do solo.

Embora todas as propriedades física, química e biológica estejam envolvidas nas funções do solo, as propriedades biológicas tendem a reagir mais rapidamente em curto prazo às mudanças do ambiente, por estarem ligadas

diretamente ao número e atividade da biota do solo, atuando na decomposição de componentes orgânicos e ciclagem de nutrientes (GREEN et al, 2007; TRASAR-CEPEDA et al., 2008). Pelo fato de muitos microrganismos utilizarem a fração disponível de matéria orgânica do solo (MOS) tornam-se sensíveis a mudanças em sua qualidade, sendo então proposta para indicar o estado e mudanças ocorridas na matéria orgânica total do solo (TÓTOLA; CHAER, 2002).

A manutenção da qualidade da matéria orgânica do solo é desejável para o uso sustentável da terra em relação aos benefícios sobre o status de nutrientes retidos na camada de matéria orgânica do solo (TÓTOLA; CHAER, 2002). Contudo as mudanças ocorridas em sua estrutura podem ser difíceis de monitorar e detectar em curto prazo de tempo (SPARLING, 1992; DUARTE et al, 2014). De acordo com Jenkinson e Ladd (1981), a taxa de carbono (C) da biomassa microbiana apresenta uma medida mais sensível no aumento ou decréscimo de sua quantidade total através de alterações em relação a sua forma de manejo, assim as mudanças no C e N detectadas na avaliação de biomassa microbiana do solo podem ser avaliados muito antes que a alteração da MOS possam ser percebidas, possibilitando a adoção de medidas de correção antes que interfira em sua qualidade (TÓTOLA; CHAER, 2002).

A relação entre o C microbiano (CM) e o carbono orgânico (CO) também denominada quociente microbiano ( $qMIC$ ) fornece uma avaliação na qualidade de MOS, quando o nível de MOS estiver alto em consequência a quantidade de C haverá um aumento no carbono da biomassa microbiana (C-BMS), porém, quando haver algum fator de estresse resultará na redução do teor de C e possível perda de qualidade na MOS (WARDLE, 1994). Estes estudos corroboram com os resultados de Longo et al. (2010) que observaram, em cultivos de leguminosas, os valores do C-BMS apresentaram índices superiores e em consequência os valores de MOS apresentaram melhorias em sua qualidade após três anos de cultivo. Portanto, a partir quantificação do  $qMIC$  podemos determinar o estado de equilíbrio do solo e a eficiência de seu manejo.

Outra forma de quantificação da BMS é a taxa de respiração basal (C-CO<sub>2</sub>) e o quociente metabólico ( $qCO_2$ ) que representa a quantidade de CCO<sub>2</sub> liberada por unidade de biomassa microbiana em determinado tempo, podendo ser utilizados como indicadores da qualidade do solo, em razão dos diferentes sistemas de uso e manejo do solo (MERCANTE, 2001; MERCANTE et al., 2008).

Uma alta taxa de respiração indica alta atividade biológica, podendo ser uma característica desejável já que é um sinal de rápida decomposição de resíduos vegetais em nutrientes disponíveis para as plantas (TÓTOLA; CHAER, 2002). Como verificado por Gomes (2012) o sistema de vegetação nativa apresentou alta taxa de respiração, conseqüentemente pelo ambiente em equilíbrio ambiental, porém não diferiu expressivamente do cultivo de crotalária e guandu-anão, ressaltando seu potencial como adubação verde.

Em geral os métodos mais utilizados na quantificação da BMS são os métodos indiretos que são: a fumigação-extração, fumigação-incubação e a respiração induzida pelo substrato (ANDERSON; DOMSCH, 1978). A técnica da fumigação-extração (VANCE; BROOKES; JENKINSON, 1987) envolve a eliminação dos microrganismos pelo clorofórmio. A fumigação-incubação (JENKINSON; POWLSON, 1976) consiste na fumigação de uma amostra de solo e na quantificação de CO<sub>2</sub> liberado pelo solo durante um período de incubação entre 7 a 10 dias.

Diversos trabalhos indicam que a adubação verde, a compostagem, a diversificação de culturas, a incorporação de resíduos vegetais e o mínimo revolvimento do solo influenciaram positivamente na BMS, proporcionando condições favoráveis ao ambiente de cultivo (GLAESER et al. 2010; GOMES et al. 2012; GOMES et al. 2013) Portanto o uso de parâmetros microbiológicos como indicadores de qualidade do solo tem sido recomendado devido ao íntimo contato estabelecido entre os microrganismos e os microambientes do solo (MUMMEY et al., 2006).

### **3.2.2. FAUNA EPIGEICA**

O solo caracteriza-se por ser um reservatório faunístico composto de uma grande diversidade de organismos, que garantem o biofuncionamento e a sustentação de todo o bioma (JACOBS et al., 2007). Apesar de ser, na sua maior parte, “invisível”, por estar dentro do solo ou da serapilheira, esta fauna gera importantes serviços ambientais, que são pouco reconhecidos e valorizados (MELO et al., 2009).

A comunidade de organismos do solo é marcada pela sua complexidade tanto em termos quantitativos quanto em tipos de organismos, podendo ser encontrada com grande diversidade genética e funcional, devido provavelmente

às metodologias de amostragem e diferenças regionais e de uso do solo. A funcionalidade destes organismos de solo está dividida em microfauna, mesofauna e macrofauna (ASSAD, 1997), podendo ser classificadas com base nas dimensões corporais ou de acordo com sua funcionalidade no ambiente.

A fauna de solo pode ser classificada a partir de diferentes critérios: morfológica - tamanho e/ou diâmetro corporal (SWIFT et al. 1979; LAVELLE et al., 1997); aspectos funcionais (LAVELLE et al., 1994; LAVELLE et al., 1997; LAVELLE; SPAIN 2001) e categorias ecológicas segundo o critério de localização espacial e mobilidade (BOUCHÉ, 1977).

Dentre as classificações morfológicas e funcionais propostas por Lavelle et al. (1994), os organismos pertencentes ao grupo de microfauna possuem diâmetro corporal  $< 0,2\text{mm}$  composta por protozoários, nematoides e pequenos indivíduos do grupo Collembola, atuando de forma indireta na ciclagem de nutrientes. Já a mesofauna possui diâmetro de 0,2 a 4mm, constituída pelos grupos Acari, Collembola, dipluros, pequenos miriápodes, entre outros pequenos insetos, que movimentam-se nos poros do solo entre a serapilheira. A macrofauna é classificada por possuir diâmetro corporal de  $> 4\text{mm}$ , composta por anelídeos, formigas, coleópteros e aracnídeos, caracterizados por possuir mobilidade, construindo ninhos e cavidades, transportando partículas de solo.

Bouché (1977) propôs uma classificação ecológica segundo o critério de localização espacial e mobilidade dos organismos da macrofauna edáfica de invertebrados, classificados como epigeica, anécica e endogeica. Entre estes grandes grupos, se destacam os organismos epigígeos que vivem e se alimentam na superfície do solo, fragmentam os materiais que ingerem e participam da decomposição da matéria orgânica do solo, sendo responsáveis por pequenos artrópodos saprófagos, pequenos anelídeos, algumas formigas e coleópteros (BOUCHÉ, 1977). Estes organismos se destacam, pois atuam não somente como detritívoros, quebrando o material vegetal em frações menores e facilitando a ação decompositora dos microrganismos, mas também agem na formação e estruturação do solo, constituindo um grupo funcional chamado de “engenheiros- do-solo” (VAZ DE MELO et al, 2009).

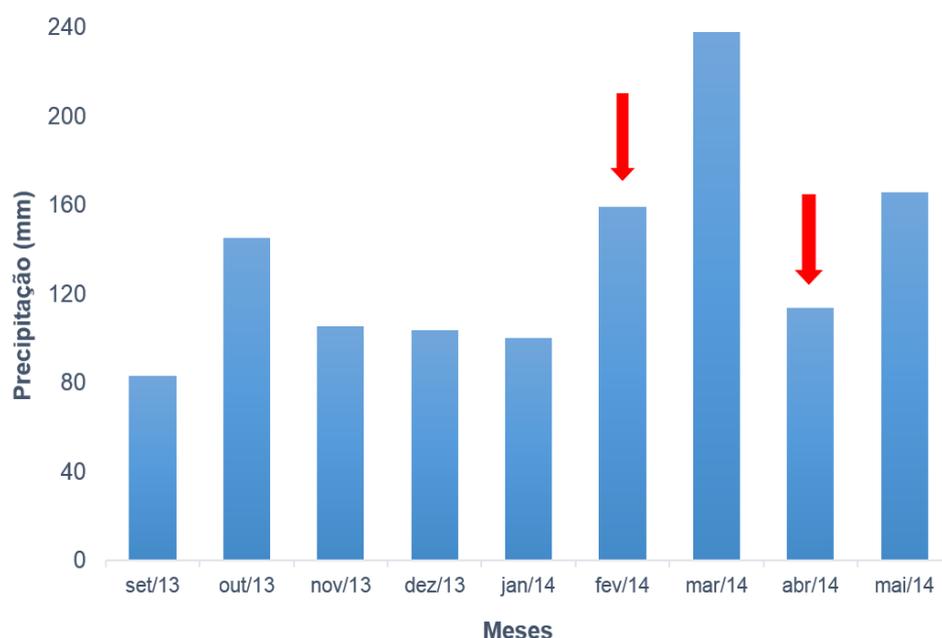
De acordo com Steffen et al. (2007), os organismos da fauna edáfica são parte integrante do solo, capazes de modificar as características físicas, químicas e biológicas do ecossistema, sendo importante ferramenta para avaliar a qualidade do solo. Vários estudos têm sido feitos visando avaliar o comportamento dos organismos do solo em ambientes degradados e como estes organismos respondem a diferentes medidas de recuperação destes ambientes, servindo como ferramenta de monitoramento (CORREIA, 2002; PEREIRA et al, 2007; ROVEDDER et al, 2009).

De acordo com Lima et al. (2010) os sistemas agroflorestais propiciam características químicas do solo e aumentos na abundância e riqueza de espécies da macrofauna invertebrada do solo, proporcionando equilíbrio na dinâmica destes organismos. Desta forma tem sido demonstrado que este sistema favorece a conservação da biodiversidade da fauna invertebrada do solo, pela maior diversidade de recursos alimentares e habitat (PORTILHO et al., 2011). Portanto que a ocorrência de um maior número de grupos da fauna edáfica em densidade e riqueza de organismos está diretamente ligado à maior complexidade estrutural e diversidade de recursos nutricionais da serapilheira proporcionado pela maior diversidade vegetal (MENEZES et al., 2009; DINIZ FILHO, 2010; GALLO et al, 2013).

Atualmente, com o crescente interesse por práticas conservacionistas, muita ênfase tem sido dada ao estudo da estrutura da comunidade invertebrada do solo, visando identificar as opções de manejo que possam otimizar suas atividades para o funcionamento do ecossistema, atuando como um bioindicador de qualidade do solo em sistemas de manejo (BRUSSAARD et al., 1997; MERCANTE et al., 2008).

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no campo experimental da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul no Município de Glória de Dourados, MS (22° 22'S e 54° 30'W, 400 m de altitude), em solo classificado como Argissolo Vermelho, textura arenosa, com as seguintes características químicas: pH = 5,2; P = 8,3 mg dcm<sup>-3</sup>; K = 0,13 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca = 1,9 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,7 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al = 0,0 cmolc dm<sup>-3</sup>; H + Al: 3,4 cmolc dm<sup>-3</sup> e matéria orgânica = 15,2 g kg<sup>-1</sup>. Os dados de precipitação pluviométrica mensal (mm), durante o período de estudos, encontram-se na Figura 1.



**FIGURA 1.** Dados de precipitação pluviométrica (mm) ocorrida durante os meses de condução do experimento. Fonte: AGRAER, Escritório de Glória de Dourados, MS, 2013/2014. As setas indicam as épocas de avaliações.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por: MS - monocultivo de milho; M+FP - milho consorciado com feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.); M+CJ - milho consorciado com crotalária (*Crotalaria juncea* L.); M+MP – milho consorciado com mucuna-preta (*Stylozobium aterrimum* (Piper & Tracy) Holland); M+GA – milho consorciado com guandu-anão (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) e M+E - milho consorciado com feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

Uma área adjacente com vegetação nativa (VN) foi incluída no estudo como referencial de condição original do solo.

A cultura do milho foi semeada com auxílio de uma matraca com espaçamento de 0,9m entre linhas e 6 sementes por metro linear, no mês de dezembro de 2013. O plantio das espécies de adubos verdes foram semeadas manualmente no mês de janeiro de 2014, nas entrelinhas da cultura do milho com diferentes densidades, a espécie crotalária foi semeado de 20 à 25 sementes por metro linear, o guandu-anão de 15 à 20 sementes por metro linear, as espécies de feijão-caupi, feijão-de-porco e mucuna-preta com densidade de 5 à 6 sementes por metro linear. Não houve adubação na área de plantio.

Em cada sistema, as avaliações foram realizada em duas épocas distintas: florescimento pleno e colheita da cultura do milho. Para avaliação da atividade microbiana de solo, as amostragens foram realizadas na camada de 0 a 0,10 m de profundidade, nos intervalos das linhas da cultura do milho e da espécie utilizada como adubo verde, sendo que cada amostra foi composta de seis subamostras. O carbono da biomassa microbiana (C-BMS) foi avaliado pelo método da fumigação-extração, de acordo com Vance et al. (1987). Já a respiração basal (C-CO<sub>2</sub>), conforme a metodologia proposta por Jenkinson e Powlson (1976).

A amostra de solo foi dividida em duas subamostras (20 g), sendo uma delas fumigada com clorofórmio, provocando a morte dos microrganismos e liberação dos componentes celulares e a outra foi mantida ao natural. As amostras fumigadas com clorofórmio livre de etanol foram incubadas por um período de 24 horas. O C-BMS foi extraído pela adição de 50 mL de uma solução aquosa de sulfato de potássio a 0,5 mol L<sup>-1</sup> (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Em seguida, as amostras foram agitadas por 30 minutos em agitador horizontal ( $\pm$  150 rpm), com posterior filtração em papel de filtro de 12,5 cm. Após a extração, os extratos de solo foram submetidos à digestão por 2 mL dicromato de potássio 0,066 mol L<sup>-1</sup> (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>); e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,0333 mol L<sup>-1</sup> (Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 6H<sub>2</sub>O), na presença de um indicador composto por difenilamina 1% (meio ácido). O cálculo do C-BMS foi realizado a partir da expressão utilizada por Gama-Rodrigues (1992):  $(V_b - V_a) \cdot N_{FeSO_4} \cdot 0,003 \cdot 50 \cdot 10_6 / (8 \cdot P_s \text{ (g)})$ , onde V<sub>b</sub> representa o volume (mL) de sulfato ferroso gasto na titulação do branco; V<sub>a</sub>, o volume (ml) de sulfato amoniacal gasto na titulação da amostra; N<sub>FeSO<sub>4</sub></sub>, a

normalidade do sulfato padronizado, e Ps, o peso do solo seco (g). A determinação do carbono foi utilizada para a estimativa da biomassa-C microbiana, segundo a fórmula: (ug C de solo fumigado - ug C de solo não fumigado)/ 0,33.

A respiração basal (C-CO<sub>2</sub>) foi determinada conforme a metodologia proposta por Jenkinson e Powlson (1976). Amostras de 50 g de solo foram incubadas juntamente com frascos contendo 10 mL de NaOH (1,0N) em recipiente hermeticamente fechado, pelo tempo de sete dias. Após a incubação, procedeu-se a titulação do NaOH com HCl 0,5 M na presença de BaCl<sub>2</sub> 1,5M, tendo como indicador a fenolftaleína (1%). O quociente metabólico ( $q_{CO_2}$ ) foi obtido pela relação entre a quantidade de carbono liberada na respiração basal e a quantidade de carbono quantificada na biomassa microbiana (ANDERSON; DOMSCH, 1990) e o quociente microbiano ( $q_{MIC}$ ), pela relação C-BMS/ C-orgânico total. O conteúdo de matéria orgânica (MOS) foi determinado, conforme a metodologia descrita em Claessen (1997).

A avaliação de fauna epigéica foi realizada por meio de armadilhas de queda (“*pitfall*”) com 200 mL de formol 4%, pelo tempo de sete dias. A técnica “*pitfall*” foi utilizada para obtenção de estimativas das populações de alguns grupos de invertebrados terrestres, conforme Moldenke et al. (1994).

Após esse período, as armadilhas foram retiradas e encaminhadas para o Laboratório de Microbiologia Agrícola e Industrial da UEMS para triagem dos organismos do solo, onde procedeu-se à identificação e contagem dos organismos considerando os grandes grupos taxonômicos com o auxílio de uma lupa binocular com capacidade de aumento de 40 vezes, em placas de Petri; a partir de então os organismos foram extraídos manualmente e armazenados em uma solução de álcool a 70%.

Os atributos ecológicos da fauna foram avaliados com base na densidade (nº de indivíduos arm<sup>-1</sup>), riqueza (nº de grupos) e índice de diversidade de Shannon (MAGURRAN, 1988). O índice de diversidade de Shannon foi obtido pela relação,  $H' = -\sum_{i=1}^S (p_i) (\ln p_i)$ , onde (p<sub>i</sub>) é a abundância relativa de cada espécie, calculada pela proporção dos indivíduos de uma espécie pelo número total dos indivíduos na comunidade e (S) representa o número de espécies, também chamado de riqueza (ABRÃO, 2012).

Os dados de bioindicadores de solo foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, com significância ao nível de 5% de probabilidade. Os dados de densidade e riqueza dos organismos epigígeos ( $x$ ) foram transformados em  $X = \sqrt{x}$ , em seguida submetidos à análise de variância. As análises estatísticas foram processadas por meio de software Assistat (versão 7.7 beta, 2014).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Biomassa microbiana do solo

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 1) houve efeito significativo da interação entre os sistemas de cultivo e época de avaliação sobre o C-BMS,  $q\text{CO}_2$ ,  $q\text{MIC}$  e MOS. Em relação ao C-BMS o sistema com vegetação nativa (VN) usado como referência neste estudo, apresentou teores superiores aos sistemas cultivados, nas duas épocas de avaliações, como também foi verificado nos estudos de Silva et al., (2012). A microbiota é favorecida pela cobertura vegetal em sistemas naturais, proporcionando maior acúmulo de material orgânico no solo e, conseqüentemente, maior fonte de nutrientes para o desenvolvimento das comunidades microbianas, e maiores valores de carbono, corroborando com os resultados de outros autores (ROSCOE et al., 2006).

Entre os sistemas cultivados, os consórcios foram superiores ao cultivo solteiro de milho (MS); porém, similar entre si. Como verificado em outros estudos, os sistemas de cultivo geralmente tendem a apresentar menores teores de carbono microbiano em relação a um ambiente com vegetação nativa (LEITE et al., 2003; MERCANTE et al., 2008).

De acordo com os resultados obtidos na segunda época de avaliação entre os sistema de manejo o consórcio com M+CJ mostrou-se superior aos tratamentos com MS, M+MP e M+GA, porém similares aos sistemas de M+FP e M+FC (Tabela 1). De acordo com Colozzi Filho et al. (2000) a maior atividade da biomassa microbiana do solo foi observada nas parcelas com o cultivo das leguminosas, possivelmente seja devido ao maior período sob cobertura do solo, proporcionando maior eficiência para a produção de biomassa.

Em geral, para as avaliações de C-BMS a segunda época de avaliação mostrou resultados significativamente superiores ( $p < 0,05$ ) quando comparada à primeira avaliação de C-BMS (Tabela 1).

A maior respiração basal ( $\text{C-CO}_2$ ), foi observada no sistema de vegetação nativa nas duas épocas de avaliações (Tabela 2). Podendo estar associado a presença de resíduos sobre o solo promovendo maior atividade de microrganismos heterotróficos, onde valores mais expressivos de  $\text{C-CO}_2$  implicam em maior atividade biológica, apresentando estreita relação com o C-BMS (VARGAS; SCHOLLES, 2000; MERCANTE et al., 2004).

Entre os tratamentos avaliados o sistema de consórcio com M+MP apresentou o menor valor nas duas épocas de avaliações com relação aos demais tratamentos que não diferiram entre si. Entre as épocas de cultivo não houve diferenças expressivas com relação à quantificação dos valores de C-CO<sub>2</sub> (Tabela 2).

**TABELA 1.** Valores médios de carbono da biomassa microbiana (C-BMS), de um Argissolo Vermelho, sob diferentes sistemas de consórcio, Glória de Dourados, MS.

Sistemas de consórcio	Épocas	
	Floração plena da cultura do milho	Colheita do milho
	<b>C-BMS (<math>\mu\text{g C g}^{-1}</math> solo seco)</b>	
Milho solteiro	61,1 cB	98,49 dA
M + MP	122,1 bB	169,6 cA
M + FP	126,5 bB	172,4 bcA
M + FC	122,5 bB	171,1 bcA
M + CJ	126,9 bB	177,7 bA
M + GA	121,8 bB	170,7 cA
VN	181,9 aB	199,3 aA

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Milho solteiro (MS), milho consorciado com mucuna-preta (M+MP), milho consorciado com feijão-de-porco (M+FP), milho consorciado com feijão-caupi (M+FC), milho consorciado com crotalária (M+CJ), milho consorciado com guandu-anão (M+GA) e vegetação nativa.

**TABELA 2.** Valores médios de respiração basal (C-CO<sub>2</sub>) de um Argissolo Vermelho, sob diferentes sistemas de consórcio, Glória de Dourados, MS.

Sistemas de consórcio	Épocas	
	Floração plena da cultura do milho	Colheita do milho
	<b>C-CO<sub>2</sub> (<math>\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}</math> solo dia<sup>-1</sup>)</b>	
Milho solteiro	17,51 abA	17,81 bA
M + MP	15,48 bA	11,55 cA
M + FP	19,25 abA	18,47 bA
M + FC	17,70 abA	17,88 bA
M + CJ	18,92 abA	18,72 bA
M + GA	18,01 abA	16,91 bA
VN	21,45 aA	22,83 aA

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Milho solteiro (MS), milho consorciado com mucuna-preta (M+MP), milho consorciado com feijão-de-porco (M+FP), milho consorciado com feijão-caupi (M+FC), milho consorciado com crotalária (M+CJ), milho consorciado com guandu-anão (M+GA) e vegetação nativa.

O quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) é um índice que expressa a relação entre a respiração basal do solo (C-CO<sub>2</sub>) e a biomassa microbiana (C-BMS), em que

valores altos são encontrados em condições ambientais estressantes, nas quais a biomassa microbiana necessita de mais carbono para sua manutenção (MENDES et al., 2009). Neste estudo o sistema com maior valor foi observado no cultivo de milho solteiro (MS) em relação aos demais tratamentos nas duas épocas de avaliações (Tabela 3).

Com relação às épocas de avaliações, o  $qCO_2$  apresentou valores superiores na primeira época de avaliação (Tabela 3). De acordo com alguns estudos o  $qCO_2$  pode diminuir em sistemas mais estáveis, com menor intensidade de uso (INSAM; DOMSCH 1988, FRAZÃO et al., 2010).

**TABELA 3.** Valores médios de quociente metabólico ( $qCO_2$ ) de um Argissolo Vermelho, sob diferentes sistemas de consórcio, Glória de Dourados, MS.

Sistemas de consórcio	Épocas	
	Floração plena da cultura do milho	Colheita do milho
	$qCO_2$ ( $\mu g$ C-CO <sub>2</sub> $\mu g^{-1}$ C-BMS $h^{-1}$ )	
Milho solteiro	106,7 aA	72,84 aB
M + MP	59,8 bA	43,75 bB
M + FP	63,3 bA	44,65 bB
M + FC	60,2 bA	43,56 bB
M + CJ	62,1 bA	44,00 bB
M + GA	61,6 bA	41,27 bB
VN	49,1 bA	47,73 bA

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Milho solteiro (MS), milho consorciado com mucuna-preta (M+MP), milho consorciado com feijão-de-porco (M+FP), milho consorciado com feijão-caupi (M+FC), milho consorciado com crotalária (M+CJ), milho consorciado com guandu-anão (M+GA) e vegetação nativa.

O quociente microbiano ( $qMIC$ ) expressa a relação entre o C-BMS e o carbono orgânico total, assim os maiores valores foram observados na segunda época, podendo ter sido influenciada pela maior cobertura vegetal, que proporcionou maiores valores de C-BMS (Tabela 4).

Entre os tratamentos avaliados o  $qMIC$ , a VN apresentou valores superiores aos demais tratamentos na primeira época de avaliação. De acordo com Wardle (1994) este índice fornece informações sobre a qualidade da matéria orgânica, assim a capacidade de utilização do C é menor, e conseqüentemente, o  $qMIC$  também diminui. Em relação aos sistemas de cultivo os tratamentos em consórcio não apresentaram diferenças, sendo que foram superiores ao cultivo

de MS. Na segunda época o sistema com M+CJ foi superior a VN e ao MS, porém foi semelhante aos demais sistemas de consórcio (Tabela 4).

**TABELA 4.** Valores médios de quociente microbiano ( $qMIC$ ) de um Argissolo Vermelho, sob diferentes sistemas de consórcio, Glória de Dourados, MS.

Sistemas de consórcio	Épocas	
	Floração plena da cultura do milho	Colheita do milho
	$qMIC$ (%)	
Milho solteiro	0,86 cB	1,09 cA
M + MP	1,36 bB	1,85 abA
M + FP	1,41 bB	1,85 abA
M + FC	1,34 bB	1,86 abA
M + CJ	1,37 bB	1,93 aA
M + GA	1,36 bB	1,89 abA
VN	1,68 aB	1,83 bA

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Milho solteiro (MS), milho consorciado com mucuna-preta (M+MP), milho consorciado com feijão-de-porco (M+FP), milho consorciado com feijão-caupi (M+FC), milho consorciado com crotalária (M+CJ), milho consorciado com guandu-anão (M+GA) e vegetação nativa.

Com relação à MOS, houve interação entre as épocas de avaliações, em que a VN apresentou valores superiores aos sistemas de cultivo nas duas épocas. Na primeira época, entre os sistemas de consórcio apresentou maiores teores comparados ao sistema de MS. Porém na segunda avaliação não houve diferenças significativas entre os sistemas de cultivo, já em relação às épocas, apenas os sistemas com M+FP e MS foram superiores na colheita do milho (Tabela 5). Na maioria dos estudos sobre efeitos de sistemas de manejo, foi demonstrado que as alterações no conteúdo de matéria orgânica do solo ocorrem em médio ou em longo prazo, requerendo maior tempo para ser quantificada (OLIVEIRA et al., 2001; ROSCOE et al., 2006).

**TABELA 5.** Valores médios de matéria orgânica do solo (MOS) de um Argissolo Vermelho, sob diferentes sistemas de consórcio, Glória de Dourados, MS.

Sistemas de consórcio	Épocas	
	Floração plena da cultura do milho	Colheita do milho
	<b>MOS (g kg<sup>-1</sup>)</b>	
Milho solteiro	12,15 cB	15,45 bA
M + MP	15,45 bA	15,79 bA
M + FP	15,45 bB	16,04 bA
M + FC	15,70 bA	15,78 bA
M + CJ	15,96 bA	15,78 bA
M + GA	15,38 bA	15,54 bA
VN	18,67 aA	18,78 aA

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Milho solteiro (MS), milho consorciado com mucuna-preta (M+MP), milho consorciado com feijão-de-porco (M+FP), milho consorciado com feijão-caupi (M+FC), milho consorciado com crotalária (M+CJ), milho consorciado com guandu-anão (M+GA) e vegetação nativa.

## 5.2 Fauna epigeica

Os grupos taxonômicos Collembola, Formicidae e Diptera apresentaram maior frequência relativa nas duas épocas avaliadas (Tabela 6). O grupo Collembola teve um predomínio sobre os demais grupos taxonômicos na época de floração plena dos milho, como também foi verificado por outros autores a dominância deste grupo em sistemas de cultivo de cana-de-açúcar e sistemas com integração lavoura pecuária (DRESCHER et al., 2011; PORTILHO et al., 2011; ABRÃO, 2012). Para Perdue e Crossley Junior (1989), a dominância deste grupo pode ter ocorrido em virtude da formação de um micro-habitat, com umidade e temperatura favoráveis. De acordo com estudos realizados, organismos da ordem Collembola podem ser considerados eficientes como indicador de qualidade do solo, principalmente por seu papel funcional nos processos que envolvem a dinâmica da matéria orgânica e sua sensibilidade de resposta a perturbações (COLEMAN; HENDRIX, 2000; CUTZ-POOL et al., 2007; ROVEDDER et al., 2009).

Outro grupo de grande frequência relativa nas duas épocas de avaliações foi o grupo formicidae, pois sua maior dominância ocorreu na segunda época, mostrando uma maior distribuição relativa, apresentando cerca de 50%, em média, em relação aos demais grupos nos tratamentos avaliados (Tabela 6); assim como foi verificado com outros estudos realizados em cultivo

de cana-de-açúcar sob diferentes formas de manejo e também em sistema de integração lavoura pecuária, houve a predominância deste grupo taxonômico (PORTILHO et al., 2011; ABRÃO, 2012;). Segundo Fowler et al. (1991), as formigas são organismos dominantes nos ecossistemas, tanto em riqueza de espécies quanto em abundância, sendo denominadas “engenheiros” do ecossistema, por promover mudanças e benefícios à, sua estrutura, contribuindo para a fertilidade do solo, através de seu hábito de vida. A riqueza de espécies de formigas também pode ser influenciada por características do habitat, como a estrutura da vegetação. Portanto, um habitat com maior cobertura vegetal fornece maior disponibilidade de locais para oferta de alimento a este grupo (ALBUQUERQUE; DIEHL, 2009).

**TABELA 6.** Frequência relativa dos grupos taxonômicos da fauna invertebrada epigéica do solo e índice de Shannon, sob diferentes sistemas de manejo: milho solteiro (MS), e milho em consórcio com diferentes tipos de adubos verdes, como a mucuna-preta (MP), feijão-de-porco (FP), feijão-caupi (FC), *crotalaria juncea* (CJ), guandu-anão (GA) e vegetação nativa (VN).

Grupos	MP	MS	FP	FC	CJ	GA	VN
	%						
----- <i>Floração plena da cultura do milho</i> -----							
Formicidae	12,01	23,9	15,2	10,8	28,0	21,0	39,5
Collembola	62,6	69,0	81,5	85,8	65,9	73,0	27,5
Diptera	21,2	11,7	1,1	2,0	3,5	3,3	14,2
Coleoptera	3,0	1,6	1,0	0,5	0,4	3,8	9,5
Lepdoptera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	1,2
Orthoptera	0,5	0,6	0,5	0,1	0,5	0,8	1,8
Hymenoptera	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	1,8
Aranae	0,2	0,4	0,5	0,1	0,9	0,1	1,2
Isoptera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
Dermaptera	0,1	0,1	0,0	0,2	0,3	0,0	0,6
Chilopoda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Índice de Shannon	0,45	0,37	0,26	0,22	0,38	0,34	0,71
----- <i>Colheita da cultura do milho</i> -----							
Formicidae	42,6	45,7	48,6	47,7	36,9	55,5	40,9
Collembola	27,2	40,3	28,6	21,9	34,1	19,6	32,6
Diptera	14,2	5,1	10,4	12,1	5,3	10,7	14,5
Coleoptera	3,5	3,5	5,5	7,6	5,1	5,8	4,9
Lepdoptera	4,1	1,6	2,8	1,7	1,8	1,5	0,6
Orthoptera	3,1	0,0	0,8	2,0	0,7	3,3	1,8
Hymenoptera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
Aranae	2,5	0,8	0,6	3,4	0,9	2,2	1,5
Dermaptera	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
Diplopoda	0,6	0,5	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
Isoptera	2,7	0,2	0,0	2,0	0,0	1,1	0,0
Índice de Shannon	0,69	0,54	0,60	0,67	0,52	0,59	0,63

Mucuna-preta (MP), milho solteiro (MS), feijão-de-porco (FP), feijão-caupi (FC), guandu-anão (GA) e vegetação nativa (VN).

Os resultados obtidos pela análise de fauna epigéica do solo mostraram que as médias de densidade ( $n^{\circ}$  indivíduos  $\text{arm}^{-1}$ ) e riqueza ( $n^{\circ}$  grupos) da fauna epigéica foram significativamente influenciadas pelos sistemas avaliados (Tabela 7). No período de floração da cultura do milho houve maiores valores em relação a avaliação durante a colheita do milho. A maior densidade foi no sistema de M+FC E M+FP (Tabela 7). Como também foi verificado por Mussury et al.(2002) a maior quantidade de resíduos vegetais depositados na superfície propiciou a maior densidade de organismos, provavelmente pelo fato de criar um micro-habitat favorável. De um modo geral, a colonização de organismos invertebrados no solo é favorecida em sistemas de produção com a presença de

cobertura vegetal, com benefício na sustentabilidade ecológica destes manejos (SILVA et al., 2007; GATIBONI et al., 2009; PORTILHO et al., 2011).

Na segunda época avaliada os sistemas de manejo não influenciaram a densidade de organismos, porém entre as duas épocas de avaliações verificou-se que o sistema com M+CJ e VN apresentaram valores superiores, semelhantes à primeira época, diferindo estatisticamente dos demais sistemas de manejos avaliados (Tabela 7). O acúmulo de resíduos na superfície do solo proporcionado pelo rápido crescimento das espécies leguminosas, induzindo à maior quantidade de matéria orgânica e cobertura vegetal (BAYER; MIELNICKZUK, 1997; CARVALHO et al., 2011) e, conseqüentemente, proporcionando um ambiente mais favorável para o aumento dos organismos da macrofauna epigéica.

A riqueza da fauna invertebrada do solo foi maior no sistema sob VN (Tabela 7), apresentando valores superiores aos demais tratamentos no índice de riqueza (nº de grupos), indicando que possui um ambiente propício para a ocorrência de uma maior diversidade de fauna invertebrada. Contudo, se comparado aos demais sistemas, apresentou a menor densidade de organismos na primeira avaliação. Silva et al. (2006) observaram, em áreas de Cerrado, a ocorrência de maior riqueza da fauna invertebrada na vegetação nativa, quando comparado com diferentes sistemas cultivados. Na segunda época, o sistema de consórcio com M+MP apresentou valores superiores ao tratamento com M+CJ e semelhantes aos demais sistemas de manejo avaliados. Com relação às épocas, o sistema de VN apresentou valores superiores na primeira época (Tabela 7).

De modo geral pode-se concluir que as variações em densidade e diversidade da fauna do solo podem ser atribuídas à alterações climáticas, tipo de preparo, espécie e idade das plantas, sucessão de culturas empregadas e permanência de cobertura do solo (HU et al., 1997).

**TABELA 7.** Densidade (nº de indivíduos arm<sup>-1</sup>) e riqueza (nº de grupos) da comunidade de fauna invertebrada epigéica sob diferentes sistemas de manejo, milho solteiro (MS) e milho em consórcio com diferentes tipos de adubos verdes, como a mucuna-preta (MP), feijão-de-porco (FP), feijão-caupi (FC), crotalaria (CJ), guandu-anão (GA) e vegetação nativa (VN).

Sistemas de consórcio	Épocas	
	Floração plena da cultura do milho	Colheita do milho
	<i>Densidade (nº indivíduos arm<sup>-1</sup>)</i>	
Milho solteiro	16,6 bcA	9,3 aB
M + MP	17,2 bcA	10,9 aB
M + FP	19,8abA	10,4 aB
M + FC	24,1 aA	8,3 aB
M + CJ	14,7 bcA	12,5 aA
M + GA	16,9 bcA	10,4 aB
VN	11,0 cA	8,9 aA
	<i>Riqueza (nº grupos)</i>	
Milho solteiro	6,2 bA	6,5 abA
M + MP	6,0 bB	8,5 aA
M + FP	5,7 bA	6,5 abA
M + FC	5,7 bA	6,5 abA
M + CJ	5,7 bA	5,7 bA
M + GA	6,0 bA	6,2 abA
VN	11,0 aA	6,7 abB

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey à 0,05 de significância. Milho solteiro (MS), milho consorciado com mucuna-preta (M+MP), milho consorciado com feijão-de-porco (M+FP), milho consorciado com feijão-caupi (M+FC), milho consorciado com *crotalaria juncea* (M+CJ), milho consorciado com guandu-anão (M+GA) e Vegetação nativa.

## 6. CONCLUSÕES

- O consórcio de milho com leguminosas favoreceu o desenvolvimento do carbono da biomassa microbiana do solo e quociente microbiano. Contudo não afetaram, de maneira significativa, a respiração basal, quocientes metabólico e matéria orgânica do solo.
- Os grupos Collembola, Formicidae e Diptera apresentaram maiores frequências em todas épocas avaliadas.
- A densidade de organismos do solo foi influenciada pelo sistema de consórcio de milho com feijão-caupi, com relação aos demais sistemas de manejo. Em relação à riqueza o sistema com vegetação nativa e o consórcio com mucuna-preta foram superiores ao demais.
- A biomassa microbiana do solo e a fauna epigeica podem ser considerados como ferramentas para inferir a qualidade do solo em sistema de cultivo de milho em consórcio com leguminosas em solos do cerrado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRÃO, J. S. **Níveis de palhadas e preparos do solo em Cultivos de cana-de-açúcar: impacto sobre a Fauna edáfica e epigeica**. 2012, 49p. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul.

AGOSTINHO, P.R. **Biomassa microbiana em solo adubado com vinhaça e cultivado com milho safrinha em sucessão á leguminosas**. 2013, 37p. Monografia (Graduação) Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul.

ALBUQUERQUE, E. Z. D.; DIEHL, E. Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera, Formicidae) em campo nativo no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 53, n. 3, p. 398-403, 2009.

ALVARENGA, D.A. **Efeitos de diferentes sistemas de semeadura na consorciação milho-soja**. 1995. 46p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Lavras.

ALVARENGA, R. C. **Potencialidades de adubos verdes para conservação e recuperação de solos**. 1993, p. 112. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 553-560, 2000.

ANDERSON, J.P.M.; DOMSCH, K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v.10, p.207-213, 1978.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Application of ecophysiological quotients (qCO<sub>2</sub> and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, Cambridge, v.22, p.251–255, 1990.

ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, n.23, p. 66 - 75, 2007.

ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M., eds. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. cap. 7, p.363-443.

BARETTA, D. **Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com *Araucaria angustifolia* no Estado de São Paulo**. Piracicaba, 2007. 159p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”,

BAYER, C. E MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 105-112. 1997.

BOER, C. A. ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; FILHO, A. C.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, 2007.

BONJORNO, I. I.; MARTINS, L. A. O.; LANA, M. A.; BITTENCOURT, H. H.; WILDNER, L. P.; PARIZOTTO, C.; FAYAD, J. A.; COMIN, J. J.; ALTIERI, M. A.; LOVATO, P. E. Efeito de plantas de cobertura de inverno sobre cultivo de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Florianópolis, v.5, n.2, p. 99-108, 2010.

BOUCHÉ, M.B. Strategies lombriciennes. In: LOHM, U.; T. PERSSON (eds.). **Soil Organisms as Components of Ecosystems**. Ecology Bulletin. n.25, p.122-132, 1977.

BRUSSAARD, L. , BEHAN-PELLETIER, V.M. , BIGNELL, D.E. , BROWN, V.K. , DIDDEN, W.A.M. , FOLGARAIT, P.J. , FRAGOSO, C. , FRECKMAN, D.W. , GUPTA, V.V.S.R. , HATTORI, T. Biodiversity and ecosystem functioning in soil. **Ambio**, Stockholm, v. 26, n. 8, p. 563-570, 1997.

CARNEIRO, M.A.C.; ASSIS, P.C.R.; MELO, L.B. de C.; PEREIRA, H.S.; PAULINO, H.B.; SILVEIRA NETO, A.N. da. Atributos bioquímicos em dois solos cerrado sob diferentes sistemas manejo e uso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.38, p.276-283, 2008.

CARVALHO, L. A.; SILVA JUNIOR, C. A.; NUNES, W.A.G.A.; MEURER, I.; SOUZA JUNIOR, W. S. Produtividade e viabilidade econômica da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo no Centro-Oeste do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Dourados, v. 34, n. 1, p. 199-211, 2011.

CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. revista atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 210p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

COLEMAN, D. C.; HENDRIX , P.F. **Invertebrates as webmasters in ecosystems**. London: CABI Publishing, 2000. 336 p.

COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E. L.; CHAVES, J. C. Alterações na biomassa microbiana do solo em alguns de seus componentes, em função da adubação verde do cafeeiro. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2000. Poços de Calda, MG. **Anais...** Poços de Caldas: Minasplan, 2000. v. 2, 1490p.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos- SAFRA 2013/14**. v.1, n.12, 2014.

CORREIA, M. E. F. **Potencial de utilização dos atributos das comunidades de fauna de solo e de grupos chave de invertebrados como bioindicadores do manejo de ecossistemas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dez. 2002, 23 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 157).

CRUZ, J. C.; KONZEN, E. A.; FILHO, I. A. P.; MARRIEL, I. E.; CRUZ, I.; DUARTE, J.O.; ALVARENGA, R. C. **Produção de milho orgânico na agricultura familiar**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 17 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 81).

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; PIMENTEL, M. A. G.; COELHO, A. M.; KARAM, D.; CRUZ, I.; GARCIA, J. C.; MOREIRA, J. A. A.; OLIVEIRA, M. F. de; GONTIJO NETO, M. M.; ALBUQUERQUE, P. E. P. de; VIANA, P. A.; MENDES,

S. M.; COSTA, R. V. da; ALVARENGA, R. C.; MATRANGOLO, W. J. R. **Produção de milho na agricultura familiar**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 45 p.

CUTZ-POOL, L.Q.; PALACIOS-VARGAS, J.G.; CASTAÑOMENESES, G. & GARCÍA-CALDERÓN, N.E. Edaphic Collembola from two agroecosystems with contrasting irrigation type in Hidalgo State, México. **Applied Soil Ecology**, México, n. 36, p. 46-52, 2007.

DICK, R.P. Soil enzyme activities as indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F & STEWART, B.A. (eds.). **Defining soil quality for sustainable environment**. Soil Science Society of America. Special Publication n.35. Madison, WI, p. 107-124, 1994.

DINIZ FILHO, E. M. **Caracterização da fauna de invertebrados do Solo em área de empréstimo em recuperação na Ilha da madeira, Itaguaí, Brasil**. 2010, 28p.Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

DORAN, J.W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.44, p.765-771, 1980.

DORAN, J.W.; ZEISS, M.R. Soil health and Sustainability: managing the biotic component of Soil quality. **Applied Soil Ecology**, Lincoln, v.15, n.1, p.3-11, 2000.

DRESCHER, M. S.; ROVEDDER, A. P. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; ELTZ, F. L. F.; DRESCHER, G. L. Fauna epigeica em sistemas de produção de *Nicotiana tabacum* l. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.35, p. 1499-1507, 2011.

DUARTE, I. B.; GALLO, A. S.; GOMES, M. S.; GUIMARAES, N. F.; ROCHA, D. P.; SILVA, R.F. Plantas de cobertura e seus efeitos na biomassa microbiana do solo. **Acta Iguazu**, v. 3, p. 150-165, 2014.

EMBRAPA MILHO E SORGO – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2012. **Introdução e Importância Econômica do Milho**. Disponível

em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/importancia.htm>>. Acesso em: 22 outubro de 2014.

FOWLER, H.G.L., C. FORTI, C.R.F. BRANDÃO, J.H.C. DELABIE; H.L. Vasconcelos. 1991. Ecologia nutricional de formigas, p. 131-209. In A.R. PAZZINI,; J.R.P. PARRA (eds). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo, Manole, 359p.

FRAZÃO, L. A.; SANTANA, I. K. S.; CAMPOS, D. V. B.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Estoques de carbono e nitrogênio e fração leve da matéria orgânica em Neossolo Quartzarênico sob uso agrícola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1198-1204, 2010.

GALLO, A. S.; SOUZA, M.D.B.; GUIMARAES, N. F.; AGOSTINHO, P. R.; GOMES, S.S.; SILVA, R. F. Fauna invertebrada epigéica em sistemas de produção de café orgânico arborizado em Glória de Dourados, MS. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2013, Florianópolis - SC. Ciência do Solo: Para quê e para quem?. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis - SC: Epagri e SBCS, v. 1. p. 1-5, 2013.

GAMA-RODRIGUES, E. F. **Biomassa-C microbiana de solos de Itaguaí: comparação de métodos de fumigação-extração**. 1992, Itaguaí. Tese (Mestrado)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

GAMA-RODRIGUES, E.F. & GAMA-RODRIGUES, A.C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.159-170

GATIBONI, L. C.; COIMBRA, J. L. M.; WILDNER, L. P.; DENARDIN, R. B. N. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da palhada de centeio e aveia preta, em sistema plantio direto. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 2, p. 45-53, 2009.

GLAESER, D.F. MERCANTE, F. M.; ALVES, M. A. M. SILVA, R. F.; KOMORI, O. M. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos

de café. **Ensaio e Ciência: Ciências biológicas, Agrária e da Saúde**, Valinhos, v.14, n.2, p.103-114, 2010.

GOMES, S. S.; AGOSTINHO, P. R.; ARAUJO, T. S.; BATISTOTE, M.; MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F. Atividade microbiana do solo cultivado em milho em consórcio com leguminosas. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: para quê e para quem? 2013, Florianópolis-SC. **Anais...** Florianópolis: Epagri e SBCS, v. 1. p. 1-4, 2013.

GOMES, S. S.; SANTOS, L. C.; SOUZA, R. L.; BATISTOTE, M.; MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F. Atividade microbiana em solo manejado com diferentes espécies de adubos verdes. **Cadernos de agroecologia**, v. 7, n. 02, p. 1-5, 2012.

GREEN, V.S.; STOTT, D.E.; CRUZ, J.C.; CURTI, N. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian Cerrado Oxisol. **Soil and Tillage Research**, Sete Lagoas, v. 92, p. 114–121, 2007.

HU, F.; LI, H.X.; WU, S.M. Differentiation of soil fauna populations in conventional tillage and no-tillage red soil ecosystems. **Pedosphere**, n.7, p. 339-348, 1997.

INSAM, H.; DOMSCH, K. H. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. **Microbial Ecology**, v.15, p.177-188, 1988.

JACOBS, L. E.; ELTZ, F. L. F.; ROCHA, M. R.; GUTH, P. L.; HILCKMAN, C. Diversidade da fauna edáfica em campo nativo, cultura de cobertura milho + feijão de porco sob plantio direto e solo descoberto. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Gramado. **Anais...** Gramado, SBCS, 2007. CD-ROM.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. (Ed.). **Soil biochemistry**, New York,, v. 5, p. 415-471.1981.

JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology Biochemistry**, England, v.8, p.209-213, 1976.

KARLEN, D. L.; DITZLER, C. A.; ANDREWS, S. S. **Soil quality: why and how?** Geoderma. v. 114, n. 3-4, p.145 – 156, 2003.

LAVELLE, P.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; BROWN, G.; DESJARDINS, T.; MARIANI, L.; ROSSI, J. **Soil organic matter management in the tropics: why feeding the soil macrofauna?** Nutrition Cycl. Agroecosyst, v. 61, p. 53-61, 2001.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O.W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v.33, p.159-193, 1997.

LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LOPEZ-HERNANDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSAARD, L. The relationship of between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Eds.). **The biological management of tropical soil fertility**. New York: J. Wiley & Sons, p. 137-169, 1994.

LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 654p

LEITE, L. F. C.; FREITAS, R. C. A.; SAGRILO, E.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 41, p. 29-35, 2010.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 821-832, 2003.

LIMA, S. S.; AQUINO, A. M.; LEITE, L. F. C.; VELÁSQUEZ, E.; LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.45, n.3, p.322-331, 2010

LOSS, A.; MORAES, A.G.L.; PEREIRA, M.G.; SILVA, E.M.R.; ANJOS, L.E.C. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 1, n.1, p. 57-64, 2010.

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. New Jersey: Princenton University Press, 1988. 179p.

MATOSO, A. O.; SORATTO, R. P.; CECCON, G. FIGUEIREDO, P. G.; NETO, A. L. Desempenho agrônômico de feijão-caupi e milho semeados em faixas na safrinha. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.48, n.7, p.722-730, 2013

MATSUOKA, M.; MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste/MT. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p. 425-433, 2003.

MELO, F. V.; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N. C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W. de; ZANETTI, R. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 39-43, 2009.

MENDES, I. C; REIS JUNIOR, F. B. **Microrganismos e disponibilidades de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica**. Embrapa Cerrados – Planaltina – DF, 26p. 2004. (Documento 85).

MENDES, I. de C.; HUNGRIA, M.; REIS-JUNIOR, F.B. dos; FERNANDES, M.F.; CHAER, G.M.; MERCANTE, F.M. e ZILLI, J.E. **Bioindicadores para avaliação da qualidade dos solos tropicais: utopia ou realidade?** Planaltina-DF, Embrapa Cerrados, 2009. 31p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 246).

MENEZES C. E. G. et al. Macrofauna edáfica em estádios sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual e pastagem mista em Pinheiral (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.33, p.1647-1656, 2009.

MERCANTE, F.M. **Biomassa e atividade microbiana: Indicadores da qualidade do solo**. Direto Cerrado, Brasília, p. 9-10, 2001.

MERCANTE, F.M.; SILVA, R.F.; FRANCELINO, C.S.F.; CAVALHEIRO, J.C.T.; OTSUBO, A.A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.

**MILHO.** In Wikipédia: a enciclopédia livre. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Milho>>. Acesso em 08 de novembro de 2014.

MOLDENKE, A. R. Arthropods. In: WEAVER, R. W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, P.; BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A.; WOLLUM, A. (Ed.). Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties. **Soil Science Society of America**, Madison, p. 517-539, 1994.

MUMMEY, D.; HOLBEN, W.; SIX, J. STAHL, P. Spatial stratification of soil bacteria population, in aggregates of diverse soils. **Microbial Ecology**, v.51, n.3, p.404-411, 2006.

MUSSURY, R.M.; SCALON, S.P.Q.; SILVA, S.V.; SOLIGO, V.R. Study of Acari and Collembola populations in four cultivation systems in Dourados – MS. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, n.45, p. 257-264, 2002.

NEVES, C.M.N.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; CARDOSO, E.L.; MACEDO, R.L.G.; FERREIRA, M.M. & SOUZA, F.S. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do Estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, Lavras, n. 74, p. 45-53, 2007.

OLIVEIRA, J.O.A.P. ; VIDIGAL FILHO, P. S.; TORMENA, C. A.; PEQUENO, M. G.; SCAPIM, C. A.; MUNIZE, A. S.; SAGRILO, E. Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 443-450, 2001.

PAREDES JUNIOR, F. P. **Bioindicadores de qualidade do solo em cultivos de cana-de-açúcar sob diferentes manejos.** 2012, 95 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana.

PERDUE, J. C.; CROSSLEY JUNIOR, D. A. Seasonal abundance of soil mites (Acari) in experimental agroecosystems: Effects of drought in no-tillage and conventional tillage. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 15, p. 117-124, 1989.

PEREIRA, M. P. S.; QUEIROZ, J. M.; VALCARCEL, R.; MAYHÉ-NUNES, A. J. Fauna de formigas como ferramenta para monitoramento de área de mineração reabilitada na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 197-204, 2007.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECCON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.

PORTILHO, I.I.R.; CREPALDI, R.A.; BORGES, C.D.; SILVA, J.C.; MERCANTE, F.M. Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p. 1310-1320, 2011.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B.; SANTOS, J. C. F.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Ed.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p. 163-198.

ROSECRANCE, R.C.; McCARTY, G.W; SHELTON, D.R.; TEASDALE, J.R. Denitrification and N mineralization from hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) and rye (*Secale cereal* L.) cover crop monocultures and bicultures. **Plant Soil**, Crawley v. 227, n. 1-2, p. 283-290, 2000.

ROVEDDER, A.P.M.; ELTZ, F.L.F.; DRESCHER, M.S.; SCHENATO, R.B. & ANTONIOLLI, Z.I. Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, p. 1061-1068, 2009.

SANTOS, P. A.; SILVA A. F.; CARVALHO, M. A. C.; CAIONE, G. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.9, n.2, p.123-134, 2010.

SANTOS, J. L. S.; MADARI, B. E.; COSTA, A. R.; FERNANDES, E. P.; MACHADO, P. L. O. A. Índice microbiológico de qualidade do solo em sistema integração lavoura-pecuária. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, ; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 8., 2010, Guarapari. Fontes de nutrientes e produção agrícola: modelando o futuro: **Anais...** Viçosa, MG: SBCS, 2010. 1 CD-ROM. FertBio 2010.

SILVA, F. de A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Principal components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance. In: **World congress on computers in agriculture**, 7. 2009. Reno. Proceedings. Reno: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, R. F.; TOMAZI, M.; PEZARICO, C. R.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M. Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.6, p. 865-871, 2007.

SILVA, R.F.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.697-704, 2006.

SMITH, J. L.; PAUL, E. A. The Significance of soil biomass estimates. In: BOLLAG, J. M.; STOTTZKY, G. **Soil Biochemistry**, New York, v. 6, p. 357-396, 1990.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 30, p. 195-207, 1992.

STEFFEN, R. S.; ANTONIOLLI, Z. I.; KIST, G. P. Avaliação de substratos para reprodução de colêmbolos nativos em condições de laboratório. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 265-269, 2007.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Acta Agriculturae Scandinavia**, Estocolmo, v. 49, p. 1-24, 1999.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in Terrestrial Ecosystems**. Oxford, Blackwell, 1979. 372p.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.3, p.421-428, 2008.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Tópicos em ciência do solo**, Viçosa, v.2, p. 195-276, 2002.

TRASAR-CEPEDA, C.; LEIRÓS, M.C.; SEOANE S.; GIL-SOTRES, F. Biochemical properties of soils under crop rotation. **Applied Soil Ecology**, Lincoln, v 39, n. 2, p. 133-143, 2008.

TSUMANUMA, GM. **Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de braquiárias, em Piracicaba, SP**, 2004 – 83f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.

TURCO, R. F.; BLUME, E. Indicators of soil quality. In: SIQUEIRA, J. O; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. G. R.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Org.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa, p. 529-549, 1999.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO<sub>2</sub> e N mineral de um Podzólico Vermelho Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 35-42, 2000.

VAZ DE MELO, F; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; J. N. C., LOUZADA; LUIZÃO, F. J.; WELLINGTON DE MORAIS, J.; ZANETTI, R. **A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores**. Boletim Informativo da SBCS, 2009.

WARDLE, D.A. Metodologia para quantificação da biomassa microbiana do solo. In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa/SPI; Santo Antonio de Goiás: Embrapa/CNPAP; Londrina: Embrapa/CNPSo, 1994. p. 419-436.